

COMPTE RENDU FINAL D'ATP/CIRAD

ATP N° 280/88

GENETIQUE DES POPULATIONS DE TILAPIAS

Responsables scientifiques CTFT/CIRAD :

J. LAZARD

Chef du Programme Aquaculture et Pêche

X. ROGNON

Allocataire de recherche

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL

Département du CIRAD

45 bis, avenue de la Belle Gabrielle
94736 NOGENT-SUR-MARNE Cedex (FRANCE)

1991

FICHE SIGNALITIQUE

1. ATP n° 280/88

2. Intitulé

Génétique des populations de tilapias.

3. Durée

- Financement démarré en 1988, terminé en 1990.
- Activité démarrée en 1989 et terminée en 1990 (1)

4. Responsables scientifiques

J. LAZARD : Chef du Programme Aquaculture et Pêche/Département CTFT.

X. ROGNON : Allocataire de recherche.

5. Objectifs

Cette ATP a pour objectif une caractérisation des différentes populations d'espèces de tilapias utilisées en aquaculture par des méthodes directes (morphométrie, caryologie, électrophorèse) et indirectes (réalisation de divers tests comparatifs de performance zootechnique).

L'importance de ces problèmes de génétique des populations de tilapia avait une première fois été évoquée lors du 1er Symposium sur l'aquaculture des tilapias en Israël (ISTA I, 1983) et réaffirmée lors du second Symposium sur le même thème (ISTA II, 1987, Bangkok). Le troisième doit se tenir en Côte d'Ivoire en 1991 (coorganisé par le Ministère ivoirien de la Recherche Scientifique et l'ICLARM).

Rappelons que les tilapias sont originaires du continent africain et que :

- Ils donnent lieu à une aquaculture essentiellement développée hors de leur aire d'origine (Asie principalement).
- Le travail de base sur la génétique de ces poissons est en quasi totalité effectué hors du continent africain par lequel passe obligatoirement tout accès aux ressources génétiques originelles (stocks naturels).
- Depuis une vingtaine d'années un nombre considérable de transferts de tilapias (à des fins d'aquaculture ou de pêche dans les retenues) a été réalisé à l'intérieur, à partir ou vers (réintroductions) le continent africain entraînant une très grande confusion quant à "l'identité" des souches actuellement utilisées, notamment en aquaculture.

(1) Elle se poursuit en fait jusqu'à fin 1992 dans le cadre de la thèse de X. ROGNON, allocataire de recherche.

- La souche d'*Oreochromis niloticus* dite "Bouaké" fait l'objet actuellement d'une très large utilisation et qu'une caractérisation approfondie est tout à fait nécessaire tant vis-à-vis de ses utilisateurs que de la communauté scientifique.

Ces différents points sommairement rappelés justifient amplement la mise en place à Bouaké (future base-centre pisciculture de la CORAF) d'un centre de caractérisation des diverses populations de tilapias africains qui pourrait à terme, évoluer vers un centre de conservation de souches et donc jouer un rôle important pour la gestion des stocks de géniteurs destinés à l'aquaculture non seulement en Afrique, mais vis-à-vis des pays utilisateurs d'autres continents.

6. Résumé des résultats

Dans un premier temps, il s'est agi de mettre au point, dans les conditions de Bouaké et sur tilapia, la technique d'électrophorèse sur gel d'amidon. Un choix de 4 tampons de migration et de 19 systèmes enzymatiques (représentant 33 locus) a été effectué.

Par la suite, l'étude a porté sur la caractérisation électrophorétique de l'ensemble des espèces et souches de tilapias présentes à la Station de Pisciculture de l'IDESSA à Bouaké. Des locus diagnostiques entre les différentes espèces ont pu être mis en évidence. Les taux d'hétérozygotie calculés pour les différents groupes étudiés présentent des valeurs en général assez élevées (5 à 8%). C'est notamment le cas pour *O. niloticus* souche "Bouaké" qui, après 20 ans de domestication, possède une forte variabilité ($\bar{H} = 7,56$). Par contre, les deux populations d'une souche israélienne d'*O. aureus* ont des taux d'hétérozygotie très faibles à nul (1,84% et 0%), qui pourraient être dus à un trop petit nombre de géniteurs de cette souche à l'origine de la constitution du stock de Côte d'Ivoire.

7. Apport de l'ATP au Programme Aquaculture et Pêche du CTFT/CIRAD :

La caractérisation génétique par électrophorèse des principales espèces et souches de tilapias utilisées dans les programmes et projets où participe le CTFT tant en Côte d'Ivoire (IDESSA, Projet de développement de l'aquaculture lagunaire) qu'au Niger (Projet de développement de l'aquaculture sur le Fleuve Niger) permet de disposer d'un outil de contrôle de la "pureté génétique" de ces populations et d'éviter ainsi les risques d'introgression génétique à la suite d'hybridations involontaires (ou mal contrôlées) dans le cas d'élevage de plusieurs espèces sur les mêmes lieux.

De plus, la connaissance de la variabilité génétique des souches de tilapias pourra servir de base à la mise en place de programmes de testage de souche et d'amélioration génétique.

8. Impact sur la coopération scientifique

Dans le cadre de l'ATP, deux conventions de recherche ont été passées avec l'INRA (Laboratoire de Génétique des Poissons) et le Museum National d'Histoire

re Naturelle (Laboratoire d'Ichtyologie Générale et Appliquée). Chacune de ces conventions comprend un appui méthodologique, une ou plusieurs missions d'appui et la réalisation de travaux "amont" non réalisables actuellement à Bouaké (interprétation de certaines données ou travaux de laboratoire nécessitant un appareillage spécifique). La coopération avec l'INRA porte sur la caractérisation par voie électrophorétique ; deux missions d'appui ont été effectuées (du 22/09/90 au 11/10/90 et du 9 au 14/11/90).

La coopération avec le Museum porte sur les techniques de caractérisation morphométrique et cytogénétique (caryologie) ; une mission d'appui a été réalisée (du 16 au 30/10/89). Ce volet implique également une coopération avec le Musée Royal de Tervuren (Belgique).

Enfin, une collaboration ponctuelle a été établie avec le Projet de Développement de l'Aquaculture au Niger (auquel participe le CTFT) pour l'étude d'échantillons de tilapias élevés dans le cadre du Projet ou prélevés dans le fleuve.

9. Perspectives ultérieures

Le sujet de thèse de X. ROGNON ("caractérisation génétique de quelques populations de l'espèce *Oreochromis niloticus* et d'espèces proches") constitue par rapport à la présente ATP :

- une extension à la fois géographique (prélèvement d'échantillons de tilapias dans les stocks naturels des principaux bassins hydrographiques occupés par *O. niloticus* : Niger, Sénégal, Nil, Volta, ainsi que dans divers stocks domestiques de ces pays) et spécifique (travail sur un plus grand nombre d'espèces proches de *O. niloticus* et capables de s'hybrider naturellement ou artificiellement) ;
- ainsi qu'un approfondissement des techniques de caractérisation biochimique et tout particulièrement électrophorétique.

Ce travail de thèse a démarré en 1990 et a donc été dans sa phase initiale, très étroitement mêlé aux expérimentations menées en dernière année de la présente ATP. Il en constitue actuellement un prolongement naturel.

10. Publications

BAROILLER J.F., ROGNON X., YAPI C.V., CISSE A., 1990. Genetic characterization and sex-determination of tilapias in Côte d'Ivoire. In : Present progress, future directions and needs in fish genetics research with emphasis on Tilapia. Asian regional workshop on tilapia genetics. FAC/CLSU, Munoz, Philippines, 29-31 août 1990, 15 p.

LAZARD J., 1990. Transferts de poissons et développement de la production piscicole : exemple de trois pays d'Afrique subsaharienne. Rev. Hydrobiol. trop. 23(3) : 251-265.

ROGNON X., GUYOMARD R., 1991. Electrophoretic characterisation of species of genus *Oreochromis*. Communication à présenter au IIIème Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture (Abidjan, 11-16 novembre 1991).

S O M M A I R E

	<u>pages</u>
1. INTRODUCTION	1
2. MATERIEL ET METHODE	3
21. Matériel vivant	3
22. Méthodologie	3
3. RESULTATS	4
4. DISCUSSION	4
5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE	10
6. BIBLIOGRAPHIE	12

1 - INTRODUCTION

Chez le tilapia, une vingtaine d'espèces provenant souvent d'introductions ont été utilisées en élevage, la principale étant Oreochromis niloticus. La plupart des scientifiques ou zootechniciens concernés par l'élevage du tilapia s'accordent pour dire que les stocks actuellement disponibles n'ont pas été constitués, puis entretenus en pisciculture, de façon rationnelle (Wohlfarth et Hulata, 1983) :

- d'une part, ces stocks ont été initialement constitués à partir de géniteurs prélevés dans des zones géographiques restreintes, parfois sur un seul site. Cette stratégie d'échantillonnage a très certainement conduit à négliger une part importante de la diversité génétique qui est pourtant l'une des clefs de l'amélioration des performances d'élevage. A ces effets fondateurs se superposent dans certains cas ceux de la consanguinité dus à l'utilisation d'un faible nombre de géniteurs.

- d'autre part, une proportion non négligeable des stocks pourrait être issue d'introgessions entre espèces de tilapia (Macaranas et al, 1986). Ces introgressions sont souvent la conséquence d'hybridations volontairement pratiquées (pour produire des hybrides monosexes mâles), mais très mal contrôlées. Comme les génomes de deux espèces différentes ne s'expriment pas nécessairement normalement lorsqu'ils se trouvent associés chez un "individu hybride", les effets d'introgessions peuvent être négatifs sur le niveau de performance d'un stock.

Les quelques travaux consacrés à ces problèmes (Mc Andrew and Majundar, 1983, 1984 ; Kornfield et al, 1979), restent encore insuffisants pour en tirer des conclusions pratiques sur la gestion des stocks domestiques d'Oreochromis niloticus.

Il apparaît donc qu'un effort particulier doit être accompli pour :

- décrire la diversité génétique de l'espèce Oreochromis niloticus (populations naturelles prélevées sur l'aire de distribution de l'espèce et souches domestiques) ainsi que celles des espèces proches, susceptibles de s'hybrider avec elle. Cette description de la diversité de l'espèce sera basée d'une part sur l'étude de la variabilité phénotypique des caractères morphologiques et méristiques, et d'autre part sur l'analyse du polymorphisme enzymatique.
- à partir de cette description de la diversité de l'espèce, constituer éventuellement de nouvelles souches de pisciculture non "contaminées" par des hybridations avec d'autres espèces du genre Oreochromis, mais qui posséderaient une base génétique plus large que celles actuellement disponibles.
- évaluer la valeur zootechnique des souches ainsi constituées par comparaison avec les souches domestiques existantes.
- définir un plan de gestion rationnel de l'ensemble des stocks domestiques permettant le maintien de leur diversité génétique.

Pour l'heure, le programme de recherche, dans le cadre de cette ATP, est essentiellement axé sur la description de la diversité génétique chez Oreochromis niloticus et les espèces proches présentes en Côte d'Ivoire, par des méthodes électrophorétiques et morphométriques.

L'étude a porté d'abord sur la caractérisation électrophorétique des espèces et souches d'Oreochromis sp présentes sur la station de Kokondekro (IDESSA-Bouaké). L'ensemble des résultats obtenus est présenté dans ce rapport.

- MATERIEL ET METHODE

21 - MATERIEL VIVANT

7 espèces et souches d'Oreochromis sp ont été étudiées :

- Oreochromis niloticus souche "Bouaké" ;
- Oreochromis niloticus souche "Burkina-Faso" ;
- Oreochromis aureus souche "Israël" ;
- Oreochromis aureus souche "Manzalla" ;
- Oreochromis mossambicus souche "Mozambique" ;
- Oreochromis macrochir souche "Zaïre" ;
- Oreochromis hornorum souche "Malaisie".

De plus pour la souche "Israël" d'Oreochromis aureus, nous avons pu disposer d'individus issus du stock élevé à la station de Mopoyem (Lagune Ebrié). Ces poissons proviennent originellement de la souche élevée à Bouaké.

Pour chacune de ces populations, une trentaine d'individus ont été échantillonnés (14 pour O. aureus souche "Israël-Mopoyem" et 20 pour O. hornorum).

22 - METHODOLOGIE

Sur chacun des individus des échantillons de sang, muscle, oeil et foie sont prélevés et congelés. Les sujets sont par la suite conservés dans le formol en vue de l'étude morphométrique (1).

La technique d'électrophorèse utilisée est celle de l'électrophorèse sur gel d'amidon selon la méthode employée au laboratoire de génétique des poissons de l'INRA sur Salmonidae (Krieg, 1984).

A la suite d'une première mise au point de cette technique, dans les conditions de Bouaké et sur tilapia, un choix de systèmes enzymatiques et de tampons de migration a été effectué. 19 systèmes enzymatiques, représentant une trentaine de locus, ont été retenus. A partir de ce choix une étude, portant sur 3 souches de l'espèce Oreochromis niloticus (souches "Bouaké", "Burkina-Faso" et "Niger"), a permis de mettre en évidence :

) des problèmes matériels d'acheminement des poissons ainsi conservés vers l'Europe ont retardé l'analyse des résultats de ce volet : elle est actuellement en cours.

- la présence d'au moins 6 locus polymorphes chez O. niloticus parmi la série étudiée (Aat2, Fum, Me_{1,2}, Sdh, Tfn).
- des difficultés de lecture et d'interprétation de certains locus tels que α Gph_{1,2}, Me_{1,2} ou Est_{1,3}.
- des problèmes d'échauffement au cours des migrations, dus à la température ambiante assez élevée. Ceci entraîne des distorsions dans les électrophorégrammes et donc des problèmes de lecture.

Les difficultés rencontrées ont nécessité la révision de l'adéquation entre les systèmes enzymatiques étudiés et les tampons de migration et à tester de nouveaux tampons employés dans d'autres études sur les tilapias (Mc Andrew and Majundar, 1983). Cette révision a abouti à la liste présentée sur le tableau I.

3 - RESULTATS

La numérotation des différents locus d'un même système enzymatique est fonction de leur mobilité, le plus proche de la cathode recevant le numéro 1. Pour chaque locus, l'allèle le plus fréquent chez Oreochromis niloticus souche "Bouaké" (qui servira toujours de référence) reçoit l'indice 100. Les autres allèles, quand ils existent, sont désignés en fonction de leur mobilité par rapport à l'allèle 100, le point 0 étant constitué par la ligne d'insertion des échantillons dans le gel. Pour les locus situés à la cathode la numérotation suit le même principe, les indices étant précédés du signe moins.

Les résultats obtenus avec les 7 espèces et souches étudiées ici sont présentés dans le tableau II. Il n'a pas été tenu compte, ici, des résultats pour Est_{1,3} et Tfn dont les électrophorégrammes complexes ont entraîné des difficultés d'interprétation.

4 - DISCUSSION

D'après Powell (1975) le taux moyen d'hétérozygotie chez les poissons est de $5,8\% \pm 0,6$. Les 2 souches d'O. niloticus ainsi que O. mossambicus, O. hornorum et O. aureus "Manzalla" présentent des taux égaux ou supérieurs à cette valeur.

Tableau I : Liste des enzymes étudiées avec leurs localisations dans les tissus, leurs structures et les tampons de migration utilisés

Systeme	Locus	Tissus			Tampon	Structure
Aat	1	F	M	0	MC2	dimère
	2	F		0		
	3		M	0		
Adh	1	F			RW	dimère
Ak	1		M		MC2	monomère
Cpk	1		M	0	RW	dimère
	2			0		
Est	1	F			RW	monomère
	2			0 S	Gahne	
	3	F			RW	
Fdp	1		M		MC4	dimère
	2	F				
Fum	1		M		MC2	dimère
α Gpdh	1		M		MC4	dimère
	2	F	M			
Idh	1	F			MC4	dimère
	2		M			
Ldh	1		M	0	RW	tétramère
	2	F	M	0		
	3			0		
Mdh	1		M	0	MC2	dimère
	2	F	M	0		
	3	F	M	0		
Me	1	F	M		MC4	tétramère
	2		M			
6Pgdh	1	F	M		MC4	dimère
Pgi	1		M	0	RW	dimère
	2	F		0		

Tableau I (suite)

Systeme	Locus	Tissus	Tampon	Structure
Pgm	1	M	TEB	monomère
Pmi	1	M	TEB	monomère
Sdh	1	F	RW	tétramère
Sod	1	F	RW	dimère
Tfn	1 (?)	S	Gahne	monomère

Tissus F = foie, M = muscle, O = oeil, S = sang

Tampons

MC2 = acide citrique 0,08 M
ajusté à pH 6,2 avec Morpholine
300 v - 110 mA - 3H 30
gel : diluer à 1:20

MC4 = acide citrique 0,08 M
ajusté à pH 6,6 avec Morpholine
200 v - 110 mA - 3H 30
gel : diluer à 1:10

Gahne = tampon électrode : LiOH 0,06 M
H₃BO₃ 0,23 M

tampon gel : tris 0,14 M
acide citrique 0,01 M

300 v - 70 mA - 3H
gel : 30 ml tampon électrode
100 ml tampon gel
170 ml H₂O

RW = tampon électrode : LiOH 0,06 M
H₃BO₃ 0,3 M

tampon gel : tris 0,03 M
acide citrique 0,005 M

350 v - 80 mA - 2H 30
gel : 297 ml tampon gel
3 ml tampon électrode

[illegible]

Tableau II (suite)

Locus	Allèle	O.n. Bk	O.n. BF	O.a. Is	O.a. Is/Mop	O.a. Mz	O.m.	O.h.	O.mac.
Mdh 3	119	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000
	100	0,983	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000
Me 1	125	0,067	0,217	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000
	100	0,933	0,783	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000	1,000
Me 2	120	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,117	0,000	0,000
	100	0,700	1,000	1,000	1,000	1,000	0,883	0,750	0,550
	80	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,000
	75	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,450
6Pgdh	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900
	69	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
Pgi 1	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Pgi 2	114	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,950	0,583	0,000
	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,417	1,000
Pgm	100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Pmi	107	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	100	0,900	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000
	92	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
Sdh	169	0,100	0,500	0,033	0,000	0,000	0,850	0,575	0,000
	100	0,750	0,150	0,967	0,100	1,000	0,150	0,425	0,362
	16	0,150	0,350	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,638
Sod	100	1,000	1,000	0,967	1,000	1,000	0,317	0,250	0,000
	19	0,000	0,000	0,033	0,000	0,000	0,683	0,750	1,000
H (%)		7,56	6,10	1,84	0	5,24	6,78	8,07	3,85

O.n. Bké	=	<u>O. niloticus</u>	"Bouaké"
O.n. Bké	=	<u>O. niloticus</u>	"Burkina-Faso"
O.a. Is	=	<u>O. aureus</u>	"Israël"
O.a. Ig/Mop	=	<u>O. aureus</u>	"Israël/Mopoyem"
O.a. Mz	=	<u>O. aureus</u>	"Manzalla"
O.m.	=	<u>O. mossambicus</u>	
O.h.	=	<u>O. hornorum</u>	
O.mac.	=	<u>O. macrochir</u>	

H (%) = taux moyen d'hétérozygotie

C'est notamment le cas d'O. niloticus "Bouaké" qui a un taux moyen d'hétérozygotie élevé (7,56 %) après 30 ans d'élevage. Il est à noter que cette souche est issue du mélange de 2 populations parentales : une souche venant du bassin de la Volta en 1965 et une souche provenant du bassin du Nil en 1968. Dans les années 71-72 ces 2 stocks de tilapias ont été mélangés pour devenir la souche "Bouaké". Ceci pourrait expliquer le maintien d'un fort taux d'hétérozygotie.

Entre autre on note la présence à certains locus (Fum, Pmi, Me₂) d'un polymorphisme que l'on ne retrouve pas dans la souche "Burkina-Faso" provenant du même lieu (Vallée du Kou) que la souche mère Volta des O. niloticus "Bouaké". Cette différence peut être due à un biais dans l'échantillonnage de la souche "Burkina-Faso" importée sur la station en 1987 avec un petit nombre de géniteurs (8 ♀ et 3 ♂) ; un apport génétique de la deuxième souche mère venant du Nil ne peut être exclu.

Pour O. hornorum le fort taux d'hétérozygotie mesuré (8,07 %) demande à être reconfirmé par la suite. En effet la souche est actuellement en cours de reconstitution et les individus sont issus d'un petit groupe de géniteurs (14 ♀ et 3 ♂) et ne reflète peut-être pas exactement l'état de la souche.

O. macrochir présente un taux moyen d'hétérozygotie relativement faible (3,85 %). Cette espèce est présente sur la station depuis 1958. Cette valeur pourrait être due à un trop petit échantillonnage lors de la constitution du stock et/ou à une élévation de la consanguinité au cours de son entretien à Bouaké durant une trentaine d'année.

O. aureus "Israël" a été importé de Tihange en 1981. Son taux d'hétérozygotie très faible à nul (1,84 % pour le stock de Bouaké, 0 % pour Mopoyem) pourrait être dû à la présence d'un trop petit nombre de géniteurs lors de la création du stock à Bouaké (6 ♀ et 2 ♂). Mais il pourrait aussi trouver son origine dans la situation de la souche mère à Tihange qu'il serait intéressant de pouvoir analyser.

De plus, les fréquences des allèles faiblement représentés aux différents locus polymorphes sont toutes très inférieures à 5% (sauf pour **Idh₁**, avec $f(100) = 5\%$). Ces faibles valeurs pourraient résulter aussi bien d'une dérive génétique de cette souche que d'une introgression génétique, les locus polymorphes étant alors le reflet de l'apport génétique dû aux autres espèces présentes sur la station. En effet, O. aureus "Israël" a été longtemps utilisé dans le cadre d'hybridation avec O. mossambicus et O. niloticus pour obtenir des descendants F1 monosexes mâles ou résistants à la salinité ; des individus hybrides ont pu être conservés par erreur. Dans cette hypothèse, l'absence de polymorphisme du stock élevé à Mopoyem pourrait s'expliquer par son isolement.

5 - CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

L'analyse d'un nombre assez important de locus (30 dans le cas de cette étude) permet une bonne différenciation des espèces. Dès lors, cette technique pourrait s'avérer utile pour une meilleure gestion des stocks entretenus en pisciculture (Mc Andrew and Majundar, 1983 ; Brummett et al., 1988). Par contre, cette méthode ne semble pas permettre d'établir une distinction précise entre 2 souches d'une même espèce. En effet, aucun locus diagnostique n'a été mis en évidence. Les différences entre les souches sont dues à des variations des fréquences alléliques aux locus polymorphes ou à l'existence d'allèles supplémentaires mais non fixés.

Dans le cadre de la thèse de X. ROGNON, le programme est actuellement orienté sur l'étude des différentes populations d'O. niloticus présentes en Côte d'Ivoire :

- populations domestiques utilisées en aquaculture ;
- populations d'origine domestiques introduites dans les lacs de barrage ;
- populations naturelles existant au Nord-Est (bassin de la Volta) et au Nord-Ouest (bassin du Niger) de la Côte d'Ivoire.

Cela permettra de décrire l'évolution génétique des populations domestiques toutes issues de la souche "Bouaké" et de les comparer à la population mère et à des populations sauvages.

Parallèlement à l'étude de la diversité des stocks d'Oreochromis sp, pourrait être mis en place un programme de testage des souches d'O. niloticus fondé sur les comparaisons de croissance.

Ce programme implique au préalable la maîtrise de la synchronisation de la maturation ovocytaire, de la fécondation et de l'incubation artificielle chez O. niloticus. Les expériences effectuées sur la synchronisation de la maturation n'ont pas, jusqu'à présent, donné satisfaction. Un nouveau protocole expérimental sur la synchronisation a été mis en place afin d'envisager la réalisation du programme de testage.

Dans le cas d'une réponse négative le thème de recherche sera essentiellement axé sur la caractérisation électrophorétique et élargi aux différentes populations naturelles d'O. niloticus existant en Afrique (bassins du Sénégal, du Niger, de la Volta, du Nil...) et aux souches de pisciculture. Dans ce cas, de nouvelles techniques seront utilisées avec, par exemple, l'étude de l'ADN mitochondriale ou de l'ADN nucléaire.

6 - BIBLIOGRAPHIE

- Brummett R.E., Halstrom M.L., Dunham R.A. and Smitherman R.O., 1988. Development of biochemical dichotomous keys for identification of american populations of O. aureus, O. mossambicus, O. niloticus, O. urolepis hornorum and red tilapia. In Pullin R.S.V., Bhukasawan T., Tonguthai K. and Maclean J.L. (eds). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. P. 135-141.
- Kornfield I.L., Ritte U., Richler C. and Wahrman J., 1979. Biochemical and cytological differentiation among cichlid fishes of sea of Galilée. *Evolution*, 33, 1-14.
- Krieg F., 1984. Recherche d'une différenciation génétique entre populations de Salmo trutta. Thèse de 3ème cycle. Université Paris-Sud, Orsay.
- Mc Andrew B.J. and Majundar K.C., 1983. Tilapia stock identification using electrophoretic markers. *Aquaculture*, 30, 249-261.
- Mc Andrew B.J. and Majundar K.C., 1984. Evolutionary relationships within three tilapiine genera (pisces cichlidae). *Zoological journal of the Linnean Society*, 80, 421-435.
- Macaranas J.M., Taniguchi N., Pante M.J.R., Cayili J.B. and Pullin R.S.C., 1986. Electrophoretic evidence of extensive hybrid gene introgression into commercial Oreochromis niloticus (L.) stocks in the Philippines. *Aquaculture and Fisheries management*, 17, 249-258.

Powell, J.R., 1975. Protein variation in natural populations of animals. *Evol. Biol.* 8 : 79-119.

Wohlfarth G.W. and Hulata G., 1983. Applied genetics of tilapia. ICLARM studies and review 6, 26 p. International Center for Living Aquatic Ressources Management, Manilia.

Zubaida U.B. and Doyle R.W., 1990. Interaction between test and reference populations when tilapia strains are compared by the "internal control" technique. *Aquaculture*, 85, 207-214.